



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I856993 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：108146922

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 20 日

(51)Int. Cl. : **B29C33/12 (2006.01)****B29C70/44 (2006.01)****F03D1/06 (2006.01)**

(30)優先權：2018/12/20

歐洲專利局

18214481.6

(71)申請人：丹麥商維斯塔斯風力系統有限公司 (丹麥) VESTAS WIND SYSTEMS A/S (DK)
丹麥(72)發明人：蘇瑟比克 艾德蓋爾 SUSELBEEK, EDGAR (NL)；晏森 鮑弗蒙德 H JENSEN,
BO VERMUND HEINRICH (DK)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW I620869B

EP 2589796A1

US 20070251090A1

US 20170002660A1

審查人員：郭炎淋

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：10 共 33 頁

(54)名稱

預製根部區段、風力渦輪機葉片及其等製造方法

(57)摘要

描述一種用於風力渦輪機葉片之預製根部區段的製造方法。該方法包含：提供一陽模，其在一翼展方向縱向延伸於一內端與一外端之間且在一弦向橫向延伸於一前緣與一後緣之間，該陽模界定在該弦向有凸曲率的一陽模表面；提供有一或多個根部鑲件自其突出的一根部底板，該或各根部鑲件沿著一拱形路徑配置；配置一或多個內纖維層於該陽模表面上；配置該根部底板於該陽模之該內端致使該或各根部鑲件在該模具之該根端上覆一內纖維層。該方法進一步包含：配置一或多個外纖維層於該等內纖維層上面且於該或各根部鑲件上面，提供樹脂至該等纖維層且至該或各根部鑲件以及固化該樹脂以形成一預製根部區段供隨後用來製造一風力渦輪機葉片。固化該樹脂以形成該預製根部區段的步驟是在從該陽模移出該預製根部區段之前進行。

A method of making a prefabricated root section for a wind turbine blade is described. The method comprises: providing a male mould extending longitudinally in a spanwise direction between an inboard end and an outboard end and extending transversely in a chordwise direction between a leading edge and a trailing edge, the male mould defining a male mould surface of convex curvature in the chordwise direction; providing a root plate having one or more root inserts projecting therefrom, the or each root insert being arranged along an arcuate path; arranging one or more inner fibrous layers on the male mould surface; arranging the root plate at the inboard end of the male mould such that the or each root insert overlays an inner fibrous layer at the root end of the mould. The method further comprises arranging one or more outer fibrous layers on top of the inner fibrous layers and on top of the or each root insert, providing resin to the fibrous layers and to the or each root insert and curing the resin to form a prefabricated root section for subsequent use in the manufacture of a wind turbine blade. Curing the resin to form the prefabricated root section is conducted before removing the prefabricated root section from the male mould.

指定代表圖：

符號簡單說明：

26:預製根部區段

48:根部底板

92:外殼

96:陰風力渦輪機葉片
模具

98,100:第一及第二端

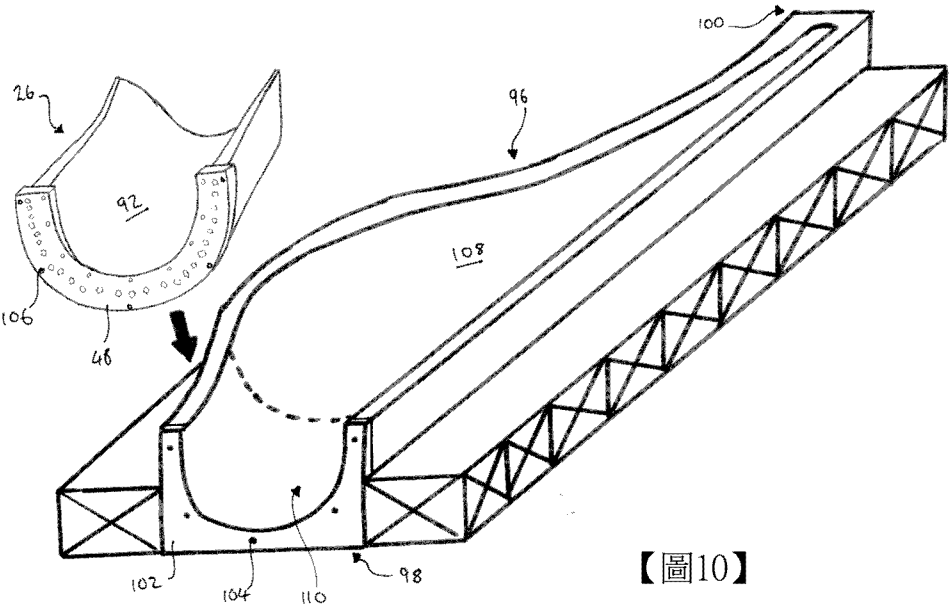
102:面板

104:基準形貌體

106:基準形貌體

108:纖維材料

110:區域



【圖10】



I856993

【發明摘要】

【中文發明名稱】

預製根部區段、風力渦輪機葉片及其等製造方法

【英文發明名稱】

Prefabricated Root Section, Wind Turbine Blade and Methods of Making the Same

【中文】

描述一種用於風力渦輪機葉片之預製根部區段的製造方法。該方法包含：提供一陽模，其在一翼展方向縱向延伸於一內端與一外端之間且在一弦向橫向延伸於一前緣與一後緣之間，該陽模界定在該弦向有凸曲率的一陽模表面；提供有一或多個根部鑲件自其突出的一根部底板，該或各根部鑲件沿著一拱形路徑配置；配置一或多個內纖維層於該陽模表面上；配置該根部底板於該陽模之該內端致使該或各根部鑲件在該模具之該根端上覆一內纖維層。該方法進一步包含：配置一或多個外纖維層於該等內纖維層上面且於該或各根部鑲件上面，提供樹脂至該等纖維層且至該或各根部鑲件以及固化該樹脂以形成一預製根部區段供隨後用來製造一風力渦輪機葉片。固化該樹脂以形成該預製根部區段的步驟是在從該陽模移出該預製根部區段之前進行。

【英文】

A method of making a prefabricated root section for a wind turbine blade is described. The method comprises: providing a male mould extending longitudinally in a spanwise direction between an inboard end and an outboard end and extending transversely in a chordwise direction between a leading edge and a trailing edge, the male mould defining a male mould surface of convex curvature in the chordwise direction; providing a root plate having one or more root inserts projecting therefrom, the or each root insert being arranged along an arcuate path; arranging one or more inner fibrous layers on the male mould surface; arranging the root plate at the inboard end of the male mould such that the or each root insert overlays an inner fibrous layer at the root end of the mould. The method further comprises arranging one or more outer fibrous layers on top of the inner fibrous layers and on top of the or each root insert, providing resin to the fibrous layers and to the or each root insert and curing the resin to form a prefabricated root section for subsequent use in the manufacture of a wind turbine blade. Curing the resin to form the prefabricated root section is conducted before removing the prefabricated root section from the male mould.

【指定代表圖】 圖 10**【代表圖之符號簡單說明】**

26:預製根部區段
48:根部底板
92:外殼
96:陰風力渦輪機葉片模具
98,100:第一及第二端
102:面板
104:基準形貌體
106:基準形貌體
108:纖維材料
110:區域

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

預製根部區段、風力渦輪機葉片及其等製造方法

【英文發明名稱】

Prefabricated Root Section, Wind Turbine Blade and Methods of Making the Same

【技術領域】

發明領域

【0001】 本發明大體有關於風力渦輪機葉片的製造。

【先前技術】

發明背景

【0002】 現代公共事業規模風力渦輪機的葉片大體包含由合成材料形成的中空葉片殼，例如玻璃纖維強化塑膠。葉片殼通常由各自在葉片模具總成之陰半模中製成的迎風及背風半殼形成。為了支持葉片在使用時的靜態及動態負荷，葉片殼的根端通常明顯比該殼的其餘部份更厚。

【0003】 在現有葉片製造技術中，達成增加在根端的殼厚度係藉由在半模的根端處積累大量的玻璃纖維層。不過，鋪疊如此之多層很耗時。模具在根端的陡峭側面使得製程更加複雜，因為織物層可能難以固定到位而不滑移。結果，在根端的積層板層(laminate layers)容易卷邊及起皺，這可能使葉片的結構降低標準。除了疊層時間以外，使這些厚根部積層板中的樹脂固化也需要大量時間。因此，葉片生產過程的這些方面大幅增加製作葉片所需的總時間。

【0004】 現代風力渦輪機葉片的模具生產很貴，因為它們有極大的結構，通常長度超過50米，且經常包括在固化葉片殼積層板期間使用的集成加熱系統和感測器系統。除了昂貴以外，模具佔用葉片製造設備內的大量空間。因此，

大部份葉片製造設備可能只有一或兩組模具。

【0005】 為了增加風力渦輪機葉片的生產速度，最好最小化‘模內時間’，亦即，使用模具生產葉片的時間。在此背景下，已開發出本發明。

【發明內容】

發明概要

【0006】 根據本發明的第一方面，提供一種用於風力渦輪機葉片之預製根部區段的製造方法。該方法包含：提供一陽模，其在一翼展方向縱向延伸於一內端與一外端之間且在一弦向橫向延伸於一前緣與一後緣之間，該陽模界定在該弦向有凸曲率的一陽模表面；提供有一或多個根部鑲件(root insert)自其突出的一根部底板(root plate)，該或各根部鑲件沿著一拱形路徑配置；配置一或多個內纖維層於該陽模表面上；配置該根部底板於該陽模之該內端致使該或各根部鑲件在該模具之該根端上覆一內纖維層。該方法進一步包含：配置一或多個外纖維層於該等內纖維層上面且於該或各根部鑲件上面，提供樹脂至該等纖維層且至該或各根部鑲件，且固化該樹脂以形成該預製根部區段供隨後用來製造一風力渦輪機葉片，其中，固化該樹脂以形成該預製根部區段的步驟是在從該陽模移出該預製根部區段之前進行。

【0007】 該一或多個內纖維層可直接配置於該陽模表面上，或彼等可配置於一或多個其他層上面，例如於脫模層或塗層上面。

【0008】 該或各根部鑲件經組配成可提供使該葉片連接至一風力渦輪機輪轂的手段。最好該等根部鑲件包含預固化成結構，例如以玻璃及/或碳纖維強化的固化樹脂。該等根部鑲件最好為拉擠成型組件(pultruded component)。該等根部鑲件可包含經組配成各自可收容螺栓於葉片-輪轂連接件中的一孔口或複數個孔口。該等孔口各自可由例如套筒的襯套界定，它最好由例如鋼的金屬製成。該襯套可埋設於該根部鑲件的預固化成結構內。該孔口或該襯套最好包含內

螺紋。替換地，該等根部鑲件可包含部份埋設於合成結構內且從一端突出以收容一螺帽於葉片-輪轂連接件中的帶螺紋桿。

【0009】應瞭解，在配置該根部底板之前或之後，可配置該等內層於該模具上。如果首先配置該等內層，可隨後配置該(等)根部鑲件於該等內層上面。如果首先配置該根部底板，可隨後將該等內層鑲在該(等)根部鑲件下面。

【0010】在該方法可用任意多種方式提供樹脂。較佳地，在樹脂灌注成型製程中提供樹脂，例如真空輔助樹脂轉注成型(VARTM)。樹脂灌注成型製程可包含配置一真空膜於該陽模上面且貼著例如該模具之凸緣的表面密封該真空膜以界定囊封疊層的密封區域。真空泵可用來從該密封區域移出空氣。同時，允許樹脂進入該密封區域。該樹脂注入而遍及該等纖維層且於該(等)根部鑲件與該等纖維層之間。

【0011】在該灌注成型製程期間，一矽氧樹脂片或等效物可用來覆蓋該疊層，而不是真空膜。這導致該根部區段有極平滑的外表面。

【0012】替換或加之於灌注成型製程，可用樹脂預浸漬該等纖維層，例如彼等可包含預浸布材料。替換地，可用任何其他適當技術提供樹脂，例如濕手疊層法(wet hand lay-up)，藉此使用例如刷子或滾輪的工具敷塗樹脂至各種組件。

【0013】固化該樹脂以形成該預製根部區段的步驟是在從該陽模移出該預製根部區段之前進行。意外發現，在該陽模中進行固化導致預製根部區段以及最終風力渦輪機葉片有明顯更好的品質。從不受限於它的理論上說明，這是由產品中的纖維有較好的對齊引起，因為在預製根部區段的後續處理期間，預製根部區段中有樹脂固化於其中的該等纖維層無法移動或產生微小的皺紋，然而纖維材料集合在固化前的處理(特別是在涉及從陽模到陰模的旋轉時)永遠會導致該等纖維層或在該等纖維層內之纖維的一些移動。

【0014】固化該樹脂可包含配置該陽模於一烤爐中。該陽模為相對便宜的

結構較佳。例如，該陽模不是加熱的模具為較佳。

【0015】 該方法可進一步包含：使該根部底板附接至該陽模以固定該根部底板及根部鑲件(s)相對於該陽模的位置，例如該陽模的面板。該根部底板最好包含用於與例如該陽模在該陽模之面板上之對應基準形貌體對齊的數個基準形貌體。該根部底板用例如螺栓及/或夾鉗可附接至該陽模。

【0016】 在固化該樹脂之後，該方法可進一步包含：從該陽模移出該預製根部區段，使該預製根部區段以一水平軸線為中心實質旋轉180度以使該預製根部區段上下翻轉，且支撐該預製根部區段於一獨立支承框架中。

【0017】 該方法可進一步包含：在支撐於一支承框架中時，對該預製根部區段進行一或多個最後工序。這些工序可包含切割或修整該根部區段的邊緣；檢驗及/或進行該結構的非破壞性測試；噴砂及/或油漆該表面；若包含於該結構中，則移除剝離層(peel ply layer)。

【0018】 配置於該模具之內端的纖維層數可大於配置在該外端的纖維層數致使所產生之預製根部區段的內端比外端厚。

【0019】 在本發明的第二方面中，提供一種用於製造風力渦輪機葉片之預製根部區段。該預製根部區段包含形成為一固化合成積層板的一外殼，該外殼在一翼展方向縱向延伸於一內端與一外端之間且在一弦向橫向延伸於一前緣與一後緣之間，配置在該外殼之該內端的一根部底板，且從該根部底板突出的一或多個根部鑲件，該或各根部鑲件沿著一拱形路徑配置且埋設於該積層板之內、外層之間的該外殼。

【0020】 該預製根部區段為形成該葉片根部之大翼展部份的大固化合成構件。較佳地，該預製根部區段有構成將會併入它之風力渦輪機葉片之5%至20%總長度的翼展長度。替換地，該預製根部區段可具有在5米至15米之間的翼展長度。在一特別較佳具體實施例中，總葉片長度大約為80米至120米，然而該預製

根部區段的長度大約為8米至12米(亦即，約為總葉片長度的10%)。最好該預製根部區段形成剛固化葉片殼之葉片殼外表面的一部份。換言之，在外葉片殼由該預製根部區段形成的部份中，沒有比該預製根部區段更靠近該葉片之外表面的纖維層。

【0021】該預製根部區段的該根部底板可包含用於與一風力渦輪機葉片模具之一面板之對應基準形貌體對齊的數個基準形貌體。如果在製備該預製根部區段期間也使用數個基準形貌體用來使該根部底板與該陽模對齊，最好該根部底板的相同基準形貌體也用來使該預製根部區段與風力渦輪機葉片模具(的面板)對齊。

【0022】該預製根部區段之該外殼的厚度可從該內端朝向該外端漸減。較佳地，該根部區段之該內端有80至150毫米的厚度，且該外端有2毫米至10毫米的厚度。

【0023】在本發明的又一方面，提供一種風力渦輪機葉片之製造方法。該方法包含：提供在一翼展方向延伸於第一端、第二端之間的一陰葉片模具；配置纖維材料於該葉片模具中；配置如上述鄰接該葉片模具的一預製根部區段；提供樹脂至該纖維材料以及於該纖維材料與該預製根部區段之間；且固化該樹脂以形成該葉片與該預製根部區段集成的一外殼部。

【0024】在本發明的又一方面中，提供一種風力渦輪機葉片之製造方法。該方法包含：提供在一翼展方向延伸於第一端、第二端之間的一陰葉片模具；配置纖維材料於該葉片模具中；在該葉片模具中或與其鄰接地配置依照如上述之方法製成的一預製根部區段；提供樹脂至該纖維材料以及於該纖維材料與該預製根部區段之間；且固化該樹脂以形成該葉片與該預製根部區段集成的一外殼部。

【0025】在一高度較佳具體實施例中，該預製根部區段經配置成在該樹脂

固化後可形成該葉片之外表面的一部份。傳統上，小心地把風力渦輪機葉片殼的外形製作成可確保完美的翼型。這需要使用葉片殼的陰模。意外發現，藉由改善所產生之合成材料的結構品質，不止可補償為使用陽模實現之較不完美翼型的葉片根部區段。如他處所述，藉由配置預製根部區段於陰模內部或藉由配置鄰接陰模的預製根部區段，可完成在固化樹脂後配置預製根部區段以形成葉片外表面的一部份。藉由在固化樹脂後形成葉片外表面的一部份意指，在例如膠合、研磨或拋光的正常葉片加工後，預製根部區段的至少一部份會在最終葉片殼的外表面上，而且只被例如漆料、擾流器、或感測器覆蓋，而不是纖維材料層。

【0026】 該葉片模具最好為半模，其形狀經製作成可形成風力渦輪機葉片的一半，例如葉片殼的迎風(或壓力)半部或背風(或吸力)半部。該葉片模具可為全長葉片模具，在這種情形下，第一端的形狀可製作成為葉片的根端，且第二端的形狀可製作成為尖端。在此情形下，預製根部區段支撐於模具的根端中。替換地，相較於全長模具，該葉片模具可截短。如果該模具在第一端截短，該預製根部區段可獨立支撐於例如鄰接模具之第一端地配置的獨立支承框架中。例如，如果它用來形成模組化風力渦輪機葉片的一部份，該模具也可在第二端截短。鄰接葉片模具地配置預製根部區段在此意指預製根部區段的大部份在(陰)葉片模具的外側且涵蓋該預製根部區段中用於建立在根部區段與葉片殼之其餘部份間之過渡區的較小部份可在(陰)葉片模具內。例如，為了增強力的轉移至該葉片殼之其餘部份的對應錐形區段，該預製根部區段中為錐形的一部份可配置於該葉片模具內以促進經由該模具的加熱用於固化使用於該預製根部區段的部份與該葉片殼的其餘部份之間的樹脂。再者，數層纖維材料可配置於該預製根部區段的至少一部份上面且達到及覆蓋該葉片殼在該(陰)葉片模具內的一部份。使用鄰接該主葉片模具的預製根部區段允許使用稍微小一些的葉片模具，

這通常會導致用於該模具的成本大幅減少，因為模具的成本多少與模具的表面積成正比。

【0027】 該方法可包含配置該預製根部區段於該纖維材料上面。

【0028】 鄰接該陰模之第一端地配置的該陰模或該支承框架在該第一端可包含一面板，該面板設有數個基準形貌體，且該方法可包含使該預製根部區段之該根部底板的數個基準形貌體與該面板的數個基準形貌體對齊。如此使用基準形貌體高度有利，因為它允許極精確地對齊該預製根部區段與該葉片的其餘部份，且特別是，精確地對齊該預製根部區段的該等根部鑲件與該葉片的其餘部份，已發現，這導致葉片效能有更好的可預測性且例如通過減少振動導致風力渦輪機部件隨著時間而疲勞劣化的情形減少。

【0029】 該預製根部區段可配置於該葉片模具在固化樹脂期間實質不加熱的一部份中。

【0030】 該方法可進一步包含：支撐該預製根部區段於經配置成鄰接該葉片模具之該第一端的一支承框架中。該葉片模具可位於建築物內部且該支承框架的至少一部份可配置在該建築物的外側。

【0031】 也在本發明的又一方面，提供一種風力渦輪機葉片，其係根據上述方法製成，或具有如上述的一預製根部區段。

【圖式簡單說明】

【0032】 此時參考附圖描述本發明的非限定性實施例，其中：

圖1的示意透視圖根據本發明之一實施例圖示包含預製根部區段的風力渦輪機葉片；

圖2的示意透視圖圖示用於製造預製根部區段的陽模，且圖示配置於模具上的內纖維層；

圖3的示意透視圖圖示配置於陽模上的一根部底板及數個根部鑲件；

圖4為一根部鑲件的示意透視圖；

圖5的示意透視圖圖示配置於陽模上的數個外纖維層；

圖6為樹脂灌注成型製程的示意透視圖；

圖7的示意透視圖圖示正被轉移至用於固化製程之烤爐的陽模；

圖8圖示正從陽模移出且被轉移至支承框架的預製根部區段；

圖9為預製根部區段的示意透視圖；且

圖10的示意透視圖圖示位在全長陰葉片模具中的預製根部區段。

【實施方式】

【0033】 圖1的示意透視圖根據本發明之一實施例圖示風力渦輪機葉片10。葉片10在翼展方向(S)延伸於根端12、尖端14之間，且在弦向(C)延伸於前緣16、後緣18之間。葉片10包含例如由玻璃纖維強化塑膠(GFRP)形成為合成積層板的外殼20。外殼20包含第一及第二半殼22、24，例如背風(吸力)半殼22與迎風(壓力)半殼24。半殼22、24各自沿著前緣及後緣16、18用黏著劑黏合在一起。各半殼22、24的根端12包含預製根部區段26。

【0034】 此時參考其餘附圖舉例描述製造預製根部區段26的方法與製造包含預製根部區段26之葉片10的方法。

【0035】 圖2的示意透視圖圖示其形狀經製作成可形成風力渦輪機葉片10之預製根部區段26的陽模28。陽模28在翼展方向(S)縱向延伸於內端30、外端32之間，且在弦向(C)橫向延伸於前緣34、後緣36之間。陽模28界定在弦向(C)有凸曲率的陽模表面38。模具表面38的內端30在此實施例中有半圓形輪廓，然而外端32在弦向(C)呈長形以形成機翼輪廓的一部份。在其他具體實施例中，模具表面38沿著整個翼展長度可具有實質不變的輪廓(例如，半圓形)。

【0036】 為了生產根部區段26，一或多個內纖維層40(也習知為‘板層(ply)’)初始配置於陽模表面38上。這些內纖維層40會形成根部積層板的最內在結構

層。在此實施例中，內纖維層40為玻璃纖維織物層。織物42可具有在任何適當方向延伸的纖維，例如，它可包含單向纖維，或可為雙向或三向織物。織物42為乾織物較佳，但是在其他實施例中，它可包含樹脂，例如預浸布(prepreg)或半預浸布(semipreg)。

【0037】 在此實施例中，織物42在蓋上或鋪上陽模表面38之前儲存於滾筒44上。初始可沿著陽模28的邊緣34、36夾住織物42的邊緣46，在此情形下，是沿著後緣36夾住。然後，在沿著前緣34夾緊之前，弦向(C)展開織物42於凸狀模具表面38上面。在其他實施例中，織物42可反向展開，亦即，從前緣34朝向後緣36。

【0038】 將複數個內纖維層40配置於模具28上為較佳。可相繼地配置數個內纖維層40直到已積累必要厚度(X)。替換地，內纖維層40可預組裝成為預型件(preform)且以單一步驟蓋上陽模表面38。內纖維層40在翼展方向(S)可具有相同或不同的尺寸。在數個較佳具體實施例中，有依次變短之翼展方向(S)長度的內纖維層40可用來建立厚度(X)從模具28內端30朝向外端32漸減的積層板。在配置內纖維層40之前，可將例如塗層或脫模層的一或多個其他層施加或配置於模具表面38上。

【0039】 使用陽模28來形成根部區段26特別有利，因為內纖維層40在配置於陽模28上時不易形成皺紋或折痕。模具28的凸曲率意指在內纖維層40中的任何折痕或皺紋在重力影響下會自然地移除。因此，可避免與配置頂著在陰葉片模具之根端處之陡峭側面之板層有關的困難及問題。

【0040】 圖3圖示製程的下一個階段，其涉及配置根部底板48於陽模28的內端30。在此實施例中，根部底板48為有半圓形輪廓的金屬板。複數個根部鑲件50(也習知為‘矛狀物’)沿著拱形路徑(在此情形下，沿著半圓形路徑)從根部底板48突出。各根部鑲件50各自用螺栓52固定於根部底板48。

【0041】 圖4舉例圖示根部鑲件50。根部鑲件50包含預固化合成結構，例如GFRP或CFRP(碳纖維強化塑膠)，它最好在拉擠成型製程(pultrusion process)中形成。根部鑲件50呈楔形且厚度(Y)從近端54(配置在根部底板48，圖示於圖3)朝向遠端56漸減。近端54有大體矩形的輪廓。根部鑲件50包含由埋設於合成結構內之金屬製成為較佳的襯套58。襯套58在根部鑲件50的近端54界定孔口60。襯套58有內螺紋。為了在製程期間將根部鑲件50連接至根部底板48且隨後將完工葉片10連接至風力渦輪機輪轂，螺栓52(圖示於圖3)收容於襯套58中。

【0042】 圖示於圖3的根部鑲件50只是根部鑲件的一實施例，且本方法也可使用有不同形狀、尺寸及組態的根部鑲件。在其他具體實施例中，可提供包括各自用於收容複數個螺栓之複數個孔口的根部鑲件。例如，可使用輪廓對應至圖3複數個根部鑲件之組合輪廓的單一根部鑲件。

【0043】 再參考圖3，根部底板48配置在陽模28的內端30致使根部鑲件50在內端30上覆內纖維層40。應瞭解，在配置根部底板48之前或之後，內纖維層40可配置於模具28上。例如，內纖維層40可鑲在先前已配置於模具28上的根部鑲件50下面。

【0044】 在此實施例中，根部底板48包含用於對齊陽模28之對應基準形貌體64的基準形貌體62。在此實施例中，基準形貌體62為根部底板48中的螺栓孔，其係與在陽模28之內端30的螺栓孔64精確地對齊。根部底板48用延伸穿過這些螺栓孔62、64的一序列螺栓66(圖示於圖5)固定於陽模28。在其他實施例中，任何緊固構件或夾鉗可用來使根部底板48固定於陽模28。基準形貌體62、64確保根部底板48及根部鑲件50與陽模28的精確對齊。

【0045】 圖5的示意透視圖圖示製造根部區段26的進一步階段，其中一或多個外纖維層68(例如，‘板層’)配置於內纖維層40上面(圖示於圖2)且於根部鑲件50上面(圖示於圖3)。這些外纖維層68會形成根部積層板的最外面結構層。根部鑲

件50從而在陽模28的內端30變成夾在內、外纖維層40、68之間。

【0046】 外纖維層68最好為玻璃纖維織物層。織物70可具有在任何適當方向延伸的纖維，例如它可包含單向纖維，或可為雙向或三向織物。織物70最好為乾織物，但是在其他實施例中，它可包含樹脂，例如預浸布或半預浸布。在此實施例中，外纖維層68蓋上或鋪上陽模表面38，其方式與先前在描述內纖維層40時所述的實質相同。在其他實施例中，在以單一步驟配置於陽模28上之前，複數個外纖維層68可預先組裝成為預型件。

【0047】 最好將該等纖維層，亦即，內纖維層40及外纖維層68，配置成可使內、外纖維層40、68配置在模具28內端30的總數大於內、外纖維層40、68配置在外端32的總數。因此，所產生之根部積層板的內端72比外端74厚(如圖9所示)。

【0048】 參考圖6，在各種組件已配置於陽模28上後，在真空輔助樹脂轉注成型(VARTM)製程中將樹脂76供給至組件。具體言之，模具28覆蓋於真空膜78上，其封住例如模具28之凸緣的表面80以界定囊封組件的密封區域。真空泵82用來從密封區域除去空氣。同時，允許樹脂76進入密封區域。樹脂76部份藉助於密封區域內的真空壓力注入而遍及內、外纖維層40、68且於根部鑲件50與內、外纖維層40、68之間。

【0049】 應瞭解，VARTM製程只是用於提供樹脂76至內、外纖維層40、68以及至根部鑲件50的許多可應用方法中之一者，且本發明決不受限於使用VARTM製程。在其他實施例中，在預浸布或半預浸布材料的情形下，樹脂76已經包含在內、外纖維層40、68中，或可使用濕手疊層法，藉此使用例如刷子或滾輪的工具敷塗樹脂76至各種組件。

【0050】 此時參考圖7，製程的下一個階段涉及固化根部區段26中的樹脂76。在此實施例中，陽模28配置在烤爐84中以固化樹脂76。這特別有利，因為

它在固化周期期間提供極均勻的加熱和準確的溫度控制致使可避免或最小化熱應力及其他與溫度有關的缺陷。使用烤爐84固化樹脂76也避免需要加熱裝置與內建於陽模28中的相關感測器。因此，可使用相對不貴又簡單的陽模28。

【0051】 參考圖8，一旦樹脂76已固化，從陽模28移出預製根部區段26。使預製根部區段26以水平軸線為中心實質旋轉180度以使預製根部區段上下翻轉且支撐於獨立支承框架86中。根部區段26可儲存於框架86上直到需要時。此外，在支撐於框架86中時，對根部區段26可進行一或多個最後工序(finishing operation)。此類工序可包含切割或修整根部區段26的邊緣88、90，研磨或再修飾，檢驗及非破壞性測試，及/或移除已包含在根部區段26積層板殼92中的剝離層。對支承於獨立框架86中的根部區段26進行此類工序是有利的，因為陽模28隨後可用來與進行中的這些最後工序並行地製作另一根部區段26。

【0052】 圖9圖示根據上述方法製成的完工預製根部區段26。預製根部區段26包含形成為固化合成積層板的外殼92。外殼92在翼展方向(S)縱向延伸於內端72、外端74之間且在弦向(C)橫向延伸於前緣88、後緣90之間。外殼92的厚度(Z)從內端72朝向外端74漸減。先前所述的根部鑲件50在殼積層板92的厚內端72埋設於內、外纖維層40、68之間。

【0053】 在此實施例中，外殼92在內端72的厚度(Z)在80毫米至150毫米之間，且在外端74的厚度(Z)在2毫米至10毫米之間。預製根部區段26最好有構成將會併入它之風力渦輪機葉片10之5%至20%總長度的翼展長度(L)。在此實施例中，預製根部區段有約8米的翼展長度(L)且經設計成可併入約80米長的葉片10，因此根部區段26大約構成總葉片長度的10%。不過，上述方法可用來製作有任何尺寸及任何合適殼厚度(Z)的根部區段26。

【0054】 先前所述的真空打包製程(vacuum-bagging process)可導致預製根部區段26有不完全平滑的外表面94。已意外發現，此一粗糙或有紋理的表面94

表示完工葉片10有一些空氣動力學優點且可能有助於氣流保持附著於葉片10的表面。不過，在有些情形下，最好形成有極平滑外表面94的根部區段26。在此情形下，矽氧樹脂片或等效物在灌注成型製程期間可用來覆蓋組件而不是真空膜78。這導致根部區段26有極平滑外表面94。

【0055】此時參考圖10舉例描述製作包含預製根部區段26之風力渦輪機葉片的方法。

【0056】圖10圖示在翼展方向(S)延伸於第一及第二端98、100之間的陰風力渦輪機葉片模具96。在此實施例中，葉片模具96為半模，其形狀經製作成可形成風力渦輪機葉片10的半殼22、24，例如背風半殼22或迎風半殼24。在此實施例中，葉片模具96為全長葉片模具96，其中，第一端98有葉片根部12的形狀，且第二端100的形狀經製成可形成葉尖14。面板102固定於葉片模具96的第一端98。面板102設有數個基準形貌體104，彼等經組配為可與預製根部區段26之根部底板48的基準形貌體62、106對齊。

【0057】配置數層纖維材料108(例如，玻璃纖維及/或碳纖維層)於陰葉片模具96中以形成葉片殼20的積層板層。根據特定葉片設計，可配置例如芯材及翼樑蓋板(spar cap)的其他葉片材料或組件於於模具96中。然後，使預製根部區段26從它的支承框架86(圖示於圖8)升起且放低到陰葉片模具96的根端98中。預製根部區段26最好定位成它在葉片模具96的第一端98至少部份重疊先前已予配置的纖維層108中之一些。對齊根部底板48的基準形貌體62、106與面板102的基準形貌體104，且根部底板48用螺栓或以其他方式牢牢地固定於面板102。

【0058】提供樹脂至纖維材料108且於纖維材料108、預製根部區段26之間。可用任何適當措施提供該樹脂，且例如可在以上在說明預製根部區段26時提及的類似VARTM製程中提供。替換地或另外，可使用已經含有樹脂的預浸布或半預浸布材料。然後，固化該樹脂以形成包含集成預製根部區段26的完工半

殼22、24。

【0059】 在上述製程中，葉片模具96最好包括使用於固化製程期間的內置加熱構件。不過，在已預製葉片10的根部區段26時，葉片模具96的此一區域110很少或沒有加熱的需要。因此，葉片模具96的根端98在葉片其餘部份的固化製程期間可實質不加熱，因為預製根部區段已經固化。相較於在根端需要複雜加熱裝置以固化在此區域中之厚積層板的先前技術葉片模具，這允許減少葉片模具96的成本及複雜度。相較於厚根部積層板之加熱及/或固化為速率限制步驟的習知葉片製程，葉片10的總固化時間大幅減少。根部區段26外側的殼厚度大約與根部區段26的外端74相等或較薄(例如，在2至10毫米之間)。因此，對於在根部區段26外側的殼，沒有在製程期間要固化的極厚區段。

【0060】 雖然全長陰葉片模具96圖示於圖10，然而在其他實施例中，相較於圖10的全長葉片模具96，葉片模具96的第一及/或第二端98、100可截短。如果葉片模具96的第一端98截短，預製根部區段26的支撐可在鄰接第一端98的葉片模具96的外側(例如，用獨立支承框架)。這有利地允許使用較短且較不貴的葉片模具96。此外，預製根部區段26之外表面94由疊層於陽模28上引起的小尺寸差異在放置於陰模96內時不會導致失準。葉片模具96可位在葉片製造建築物內部，同時部份或所有的支承框架可配置在建築物的外側。這減少建築物內部用於製作葉片10所需的空間，且可允許更多葉片模具96在有給定尺寸的建築物內安裝。在進一步的實施例中，例如，如果它用來形成模組化風力渦輪機葉片的內側區段，則替換地或附加地可截短模具96的第二端100。

【0061】 類似製程可用來形成另一半殼22、24。一旦這兩個半殼22、24已形成，隨後可將它們組裝在一起以形成完整的葉片10。這通常涉及在將該等半殼夾緊在一起之前提供沿著半殼22、24中之一者或兩者之前緣及後緣16、18的黏著劑。根據特定的葉片設計，在此製程期間，抗剪腹板(shear web)或翼樑可黏

合於半殼22、24之間。

【0062】 本發明有優於通過[先前技術]予以描述的習知風力渦輪機葉片製造方法的許多優點。特別是，本發明提供用於更快、更有彈性且更不貴地製作葉片10的方法且提高葉片10的生產速度。

【0063】 使用陽模28來形成根部區段26可避免與配置頂著習知陰葉片模具之根端陡峭側面之織物相關的問題。根部區段26可相對快速地疊層於陽模28上且可實現有較少缺點的品質較高根部積層板92。

【0064】 陽模28相較於葉片模具96相對短使得有可能裝在習知工業規模的固化烤爐84內，這在全長葉片模具96是不可能的。這允許使用多種相對簡單便宜的陽模28，因為它們不需要內置加熱設備。烤爐84也提供有高度控制的均勻加熱，導致有極高品質的根部積層板92。

【0065】 相較於習知葉片生產過程，主葉片模具96利用時間(‘模內時間’)顯著減少。本發明的預製根部區段26可事先製備且在生產葉片10期間相對快速地就定位。因此，可避免疊層根部區段於主(陰)葉片模具96中的耗時過程。在主葉片模具96使用中時也可進行預製根部區段26的生產以進一步增加葉片製造設備的輸出。

【0066】 相較於習知製程，固化主葉片殼積層板22、24中之樹脂所花費的時間顯著減少，因為樹脂在厚預製根部區段26中已固化。結果，有可能省掉主葉片模具96根端98中的加熱裝置使得有可能生產更便宜的葉片模具96。藉由截短模具96且在模具96外側支撐預製根部區段26可進行減少主葉片模具96的成本。

【0067】 上述實施例可做出許多修改而不脫離如隨附專利請求項所述的本發明範疇。例如，可依照特定要求來改變陽模28的形狀及尺寸。熟諳此藝者也會明白，有許多將內、外纖維層40、68鋪設於陽模28上的替代方法。

【符號說明】**【0068】**

10:(風力渦輪機)葉片

12:根端/葉片根部

14:尖端/葉尖

16:前緣

18:後緣

20:外殼

22:背風(吸力)半殼

24:迎風(壓力)半殼

26:預製根部區段

28:陽模

30:內端

32:外端

34:前緣

36:後緣

38:陽模表面

40:內纖維層

42:織物

44:滾筒

46:邊緣

48:根部底板

50:根部鑲件

52:螺栓

54:近端
56:遠端
58:襯套
60:孔口
62,64:基準形貌體
66:螺栓
68:外纖維層
70:織物
72:內端
74:外端
76:樹脂
78:真空膜
80:表面
82:真空泵
84:烤爐
86:獨立支承框架
88:前緣
90:後緣
92:外殼
94:外表面
96:陰風力渦輪機葉片模具
98,100:第一及第二端
102:面板
104:基準形貌體

106:基準形貌體

108:纖維材料

110:區域

C:弦向

L:翼展長度

S:翼展方向

X:必要厚度

Y,Z:厚度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用於風力渦輪機葉片之預製根部區段的製造方法，該方法包含：

提供一陽模，其在一翼展方向縱向延伸於一內端與一外端之間，且在一弦向方向橫向延伸於一前緣與一後緣之間，該陽模界定在該弦向方向上有凸曲率的一陽模表面；

提供具有一或多個根部鑲件自其突出的一根部底板，該根部鑲件或各根部鑲件沿著一拱形路徑配置；

將一或多個內纖維層配置於該陽模表面上；

將該根部底板配置於該陽模之該內端處，致使該根部鑲件或各根部鑲件覆蓋在該模具之該根端處的一內纖維層；

將一或多個外纖維層配置於該等內纖維層上面且於該根部鑲件或各根部鑲件上面；

提供樹脂至該或該等內纖維層及該或該等外纖維層且至該根部鑲件或各根部鑲件；且

固化該樹脂以形成該預製根部區段供隨後用來製造一風力渦輪機葉片，

其中，固化該樹脂以形成該預製根部區段的步驟是在從該陽模移出該預製根部區段之前進行，且

其中該方法進一步包含使該根部底板附接至該陽模，以固定該根部底板及該根部鑲件或各根部鑲件相對於該陽模的位置。

【請求項2】 如請求項1之方法，其中，固化該樹脂的步驟包含：將該陽模配置於一烤爐中。

【請求項3】 如請求項1或2之方法，其中，在固化該樹脂之後，該方法進一步包含：從該陽模移出該預製根部區段，使該預製根部區段繞一水平軸線實

質旋轉180度，以及使該預製根部區段支撐於一獨立支承框架中。

【請求項4】 如請求項1或2之方法，其中，該或該等內纖維層及該或該等外纖維層配置在該模具之該內端處之數量大於該或該等內纖維層及該或該等外纖維層配置在該外端處之數量，致使所產生之預製根部區段的內端比其外端還厚。

【請求項5】 如請求項1之方法，其中該根部底板具有一半圓形輪廓。

【請求項6】 一種製造風力渦輪機葉片之方法，該方法包含：

提供在一翼展方向延伸於第一端與第二端之間的一陰葉片模具；

將纖維材料配置於該葉片模具中；

將根據請求項1至5中之任一項之方法製備的一預製根部區段配置於該葉片模具中或與其鄰接配置；

提供樹脂至該纖維材料以及於該纖維材料與該預製根部區段之間；且

固化該樹脂以形成與該預製根部區段結合的一葉片外殼部。

【請求項7】 如請求項6之方法，其中，該預製根部區段係配置以在該樹脂固化之後形成該葉片之一外表面的部分。

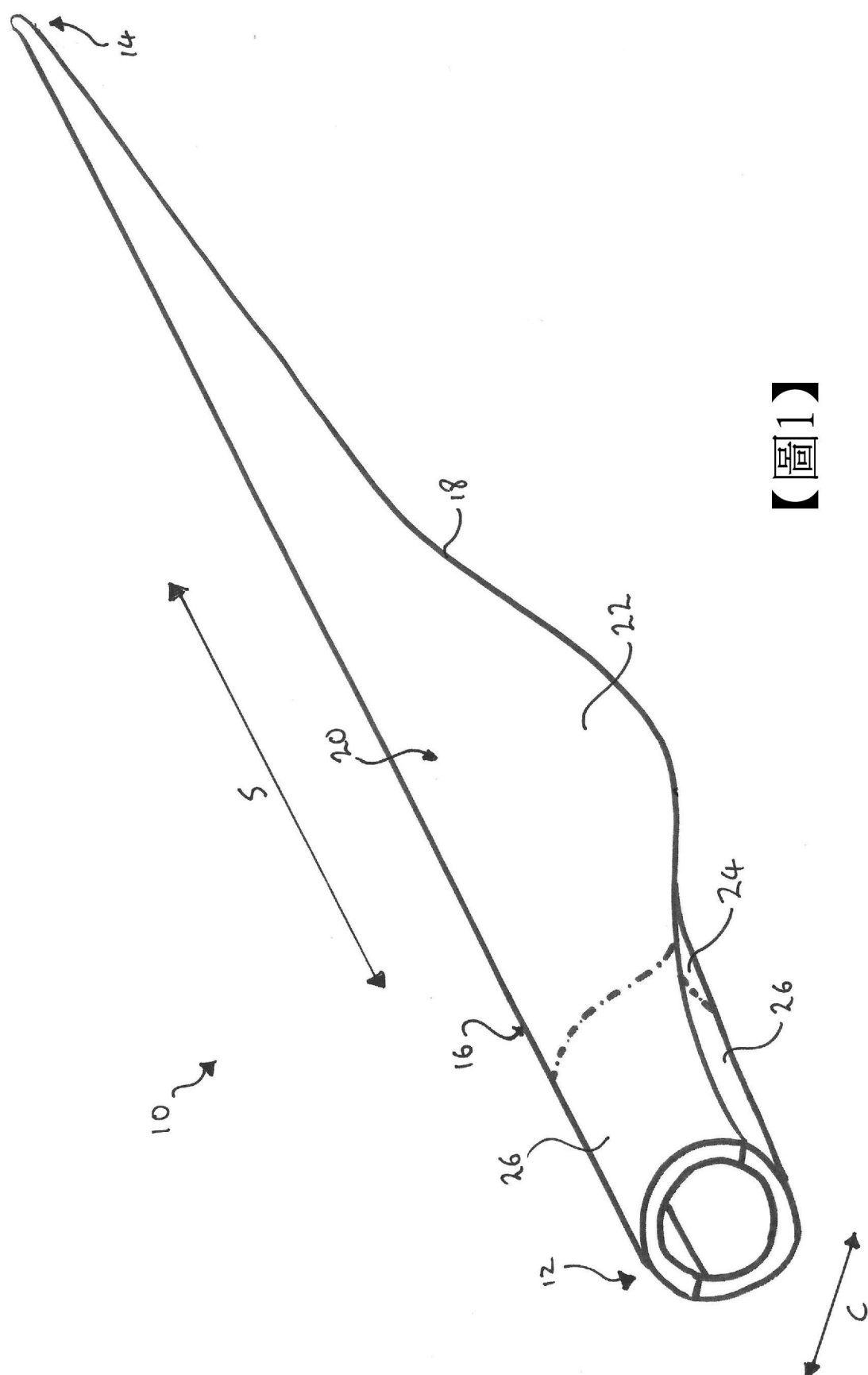
【請求項8】 如請求項6之方法，其中，該預製根部區段係配置在該葉片模具於該樹脂之固化期間實質上未加熱的一個部分中。

【請求項9】 如請求項6之方法，其包含：使該預製根部區段支撐於經配置成與該葉片模具之該第一端鄰接的一支承框架中。

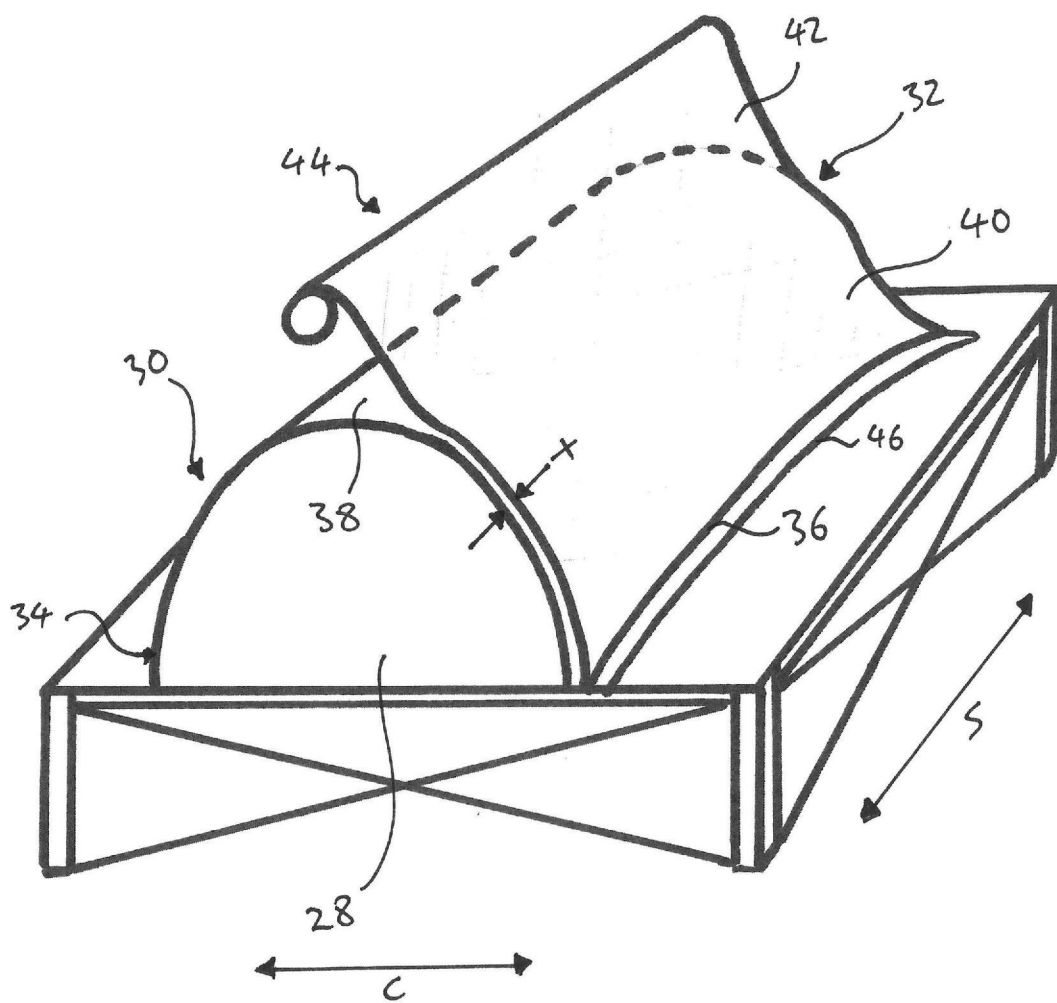
【請求項10】 如請求項9之方法，其中，該葉片模具位在一建築物的內部，且該支承框架的至少一部分配置於該建築物的外側。

【請求項11】 如請求項9之方法，其中，該陰模或該支承框架包含在該第一端處的一面板，該面板設有數個基準形貌體，且其中該方法包含：使該預製根部區段之該根部底板的數個基準形貌體與該面板的數個基準形貌體對齊。

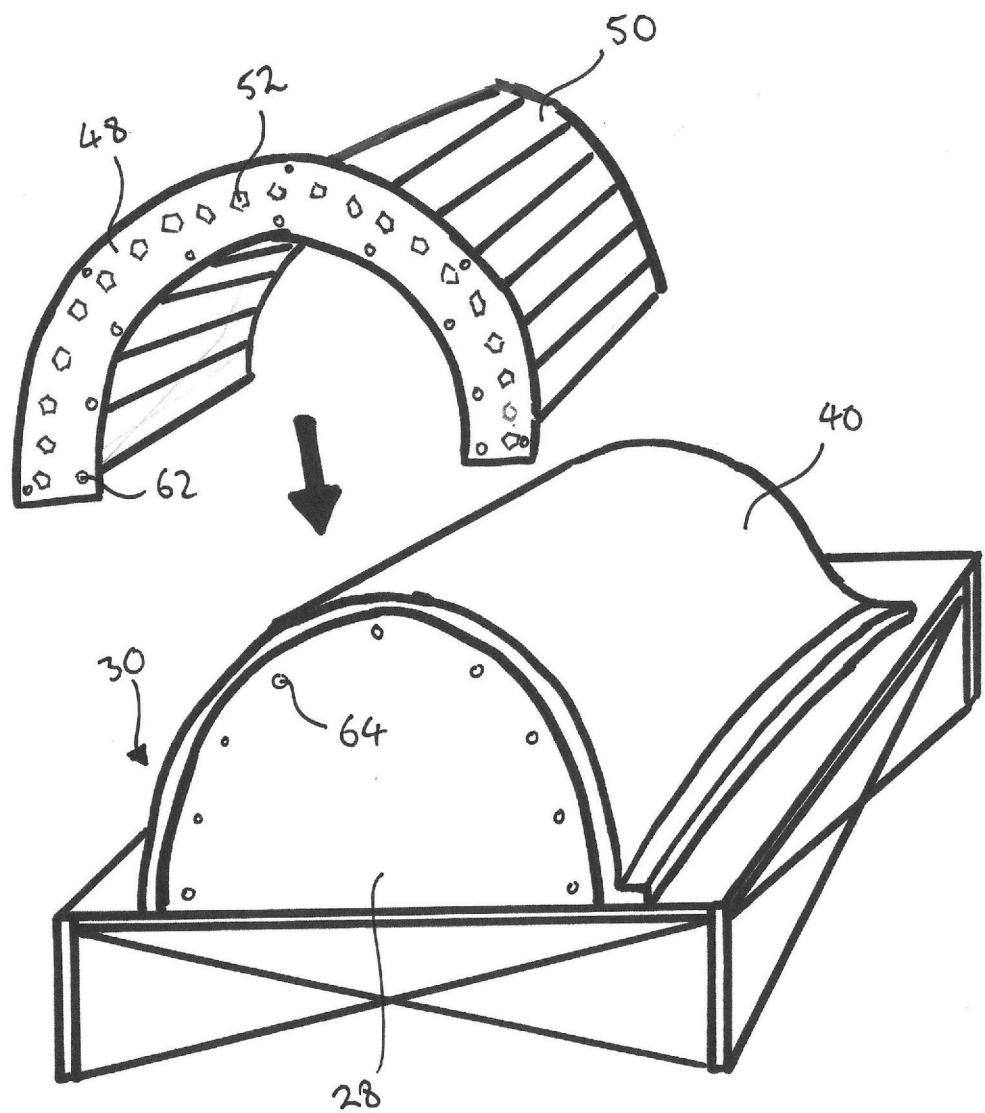
【請求項12】一種風力渦輪機葉片，其根據請求項6之方法製成。



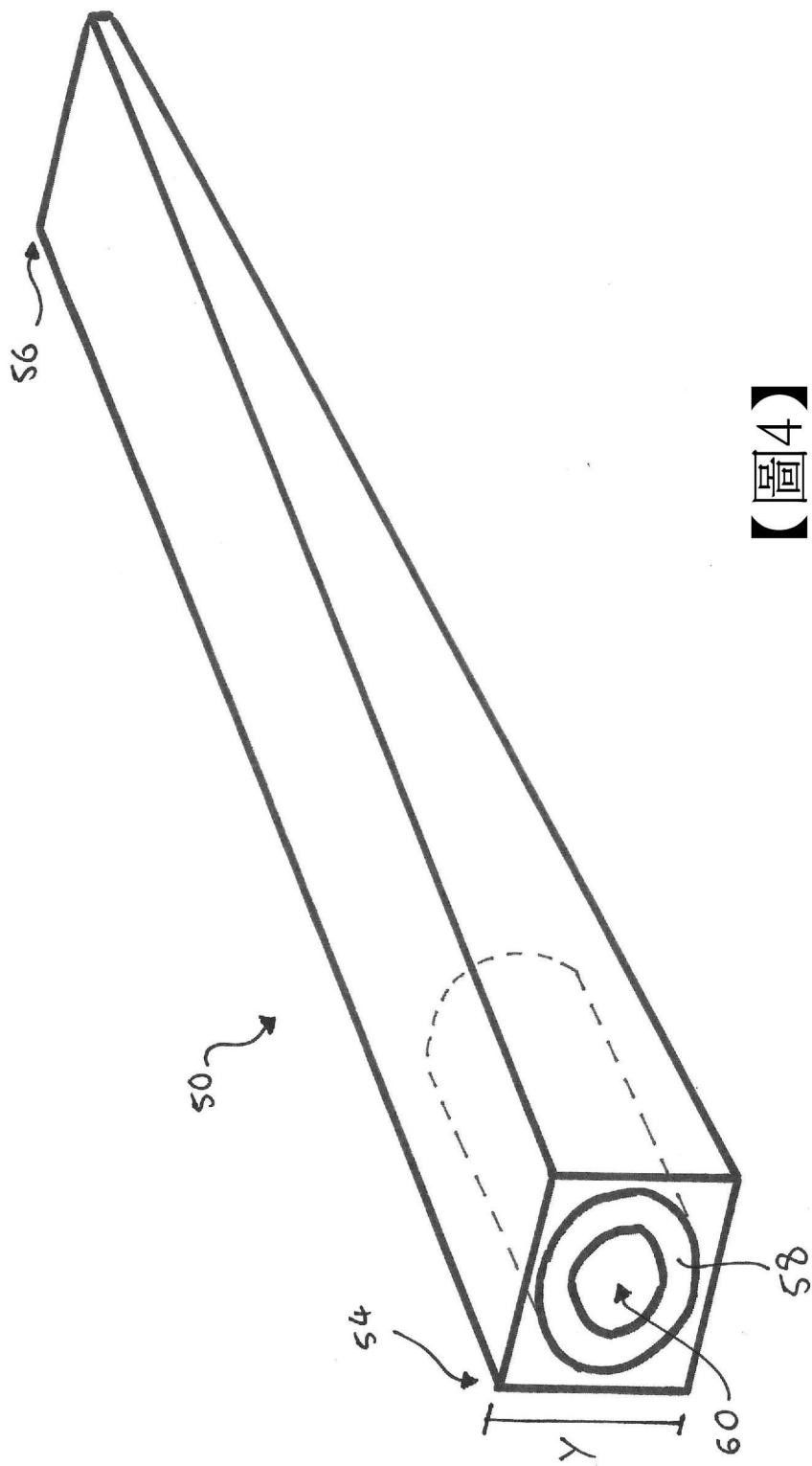
【回】

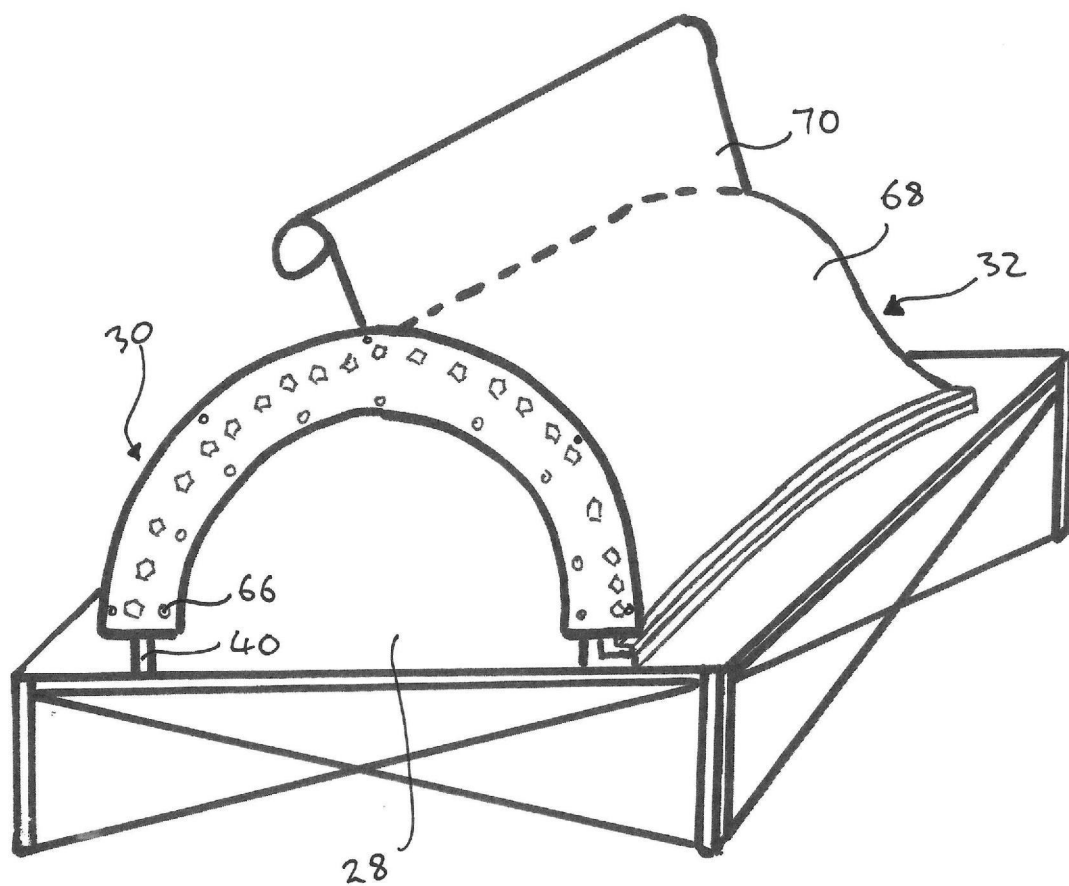


【圖2】

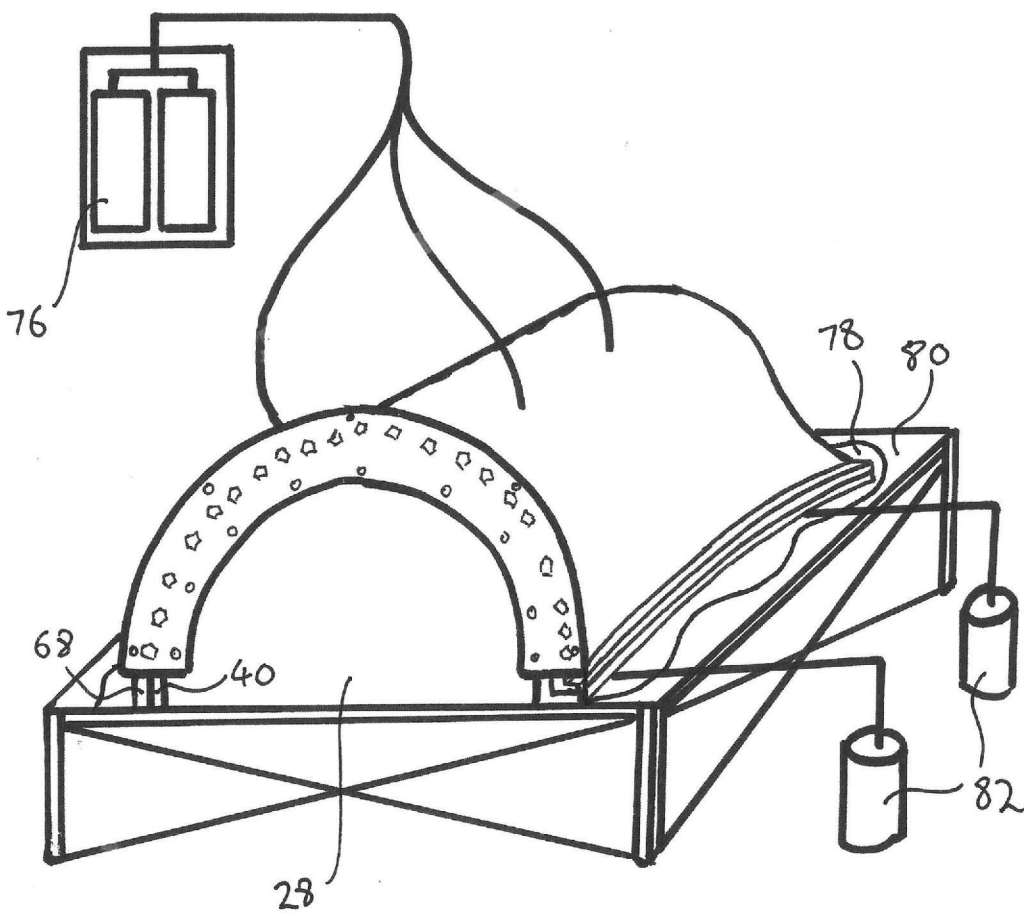


【圖3】

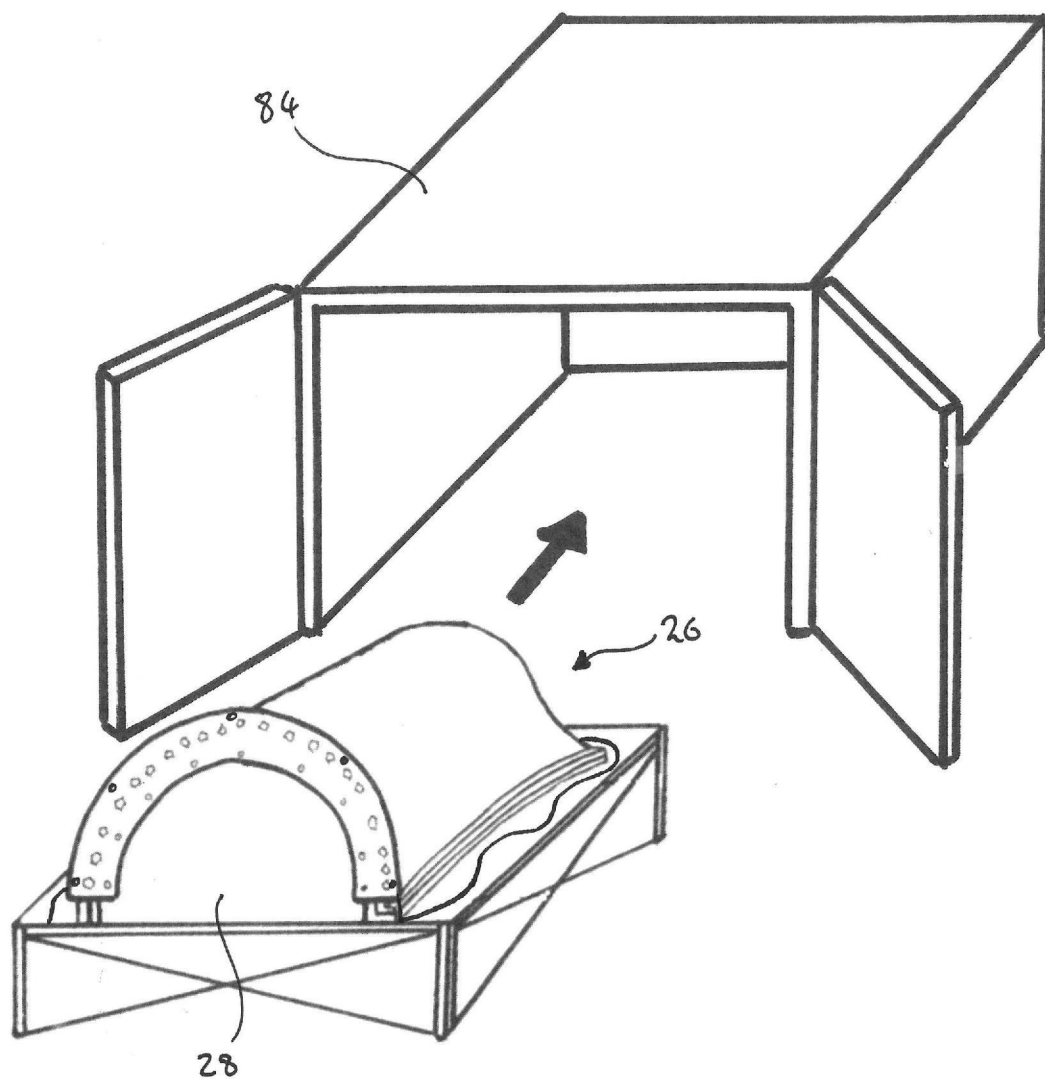




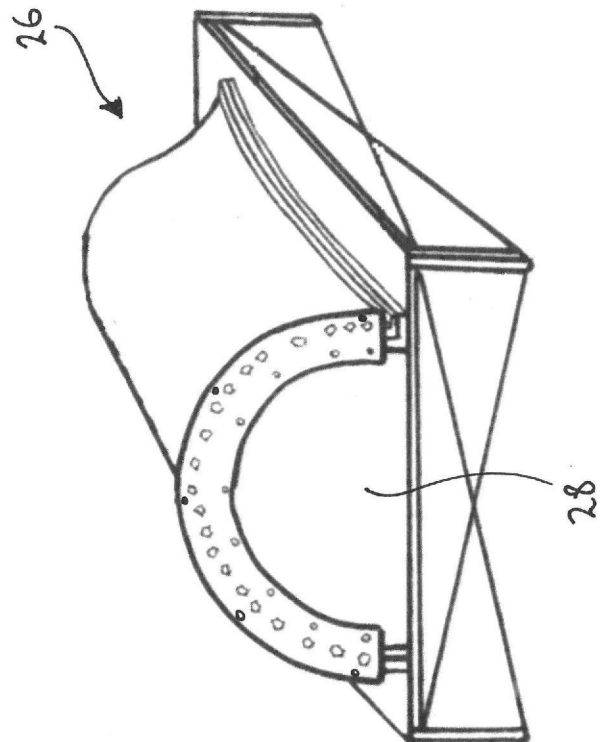
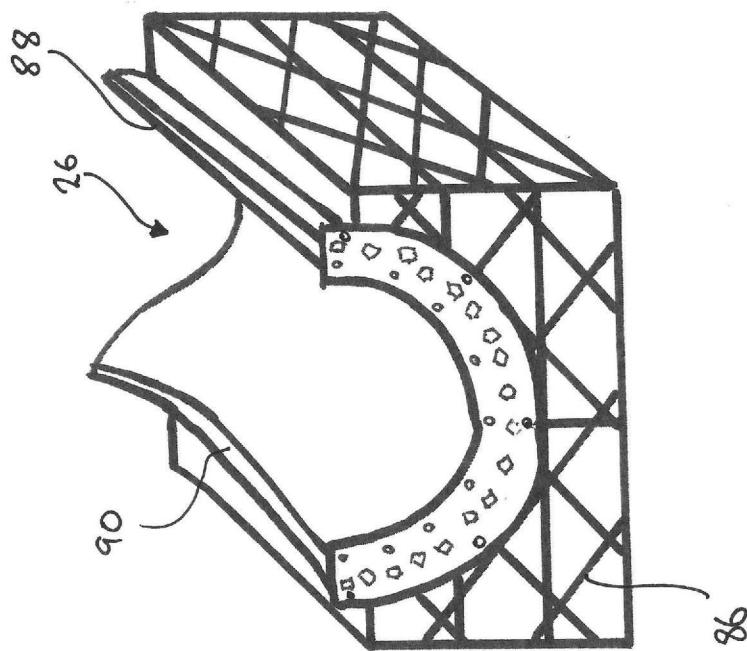
【圖5】



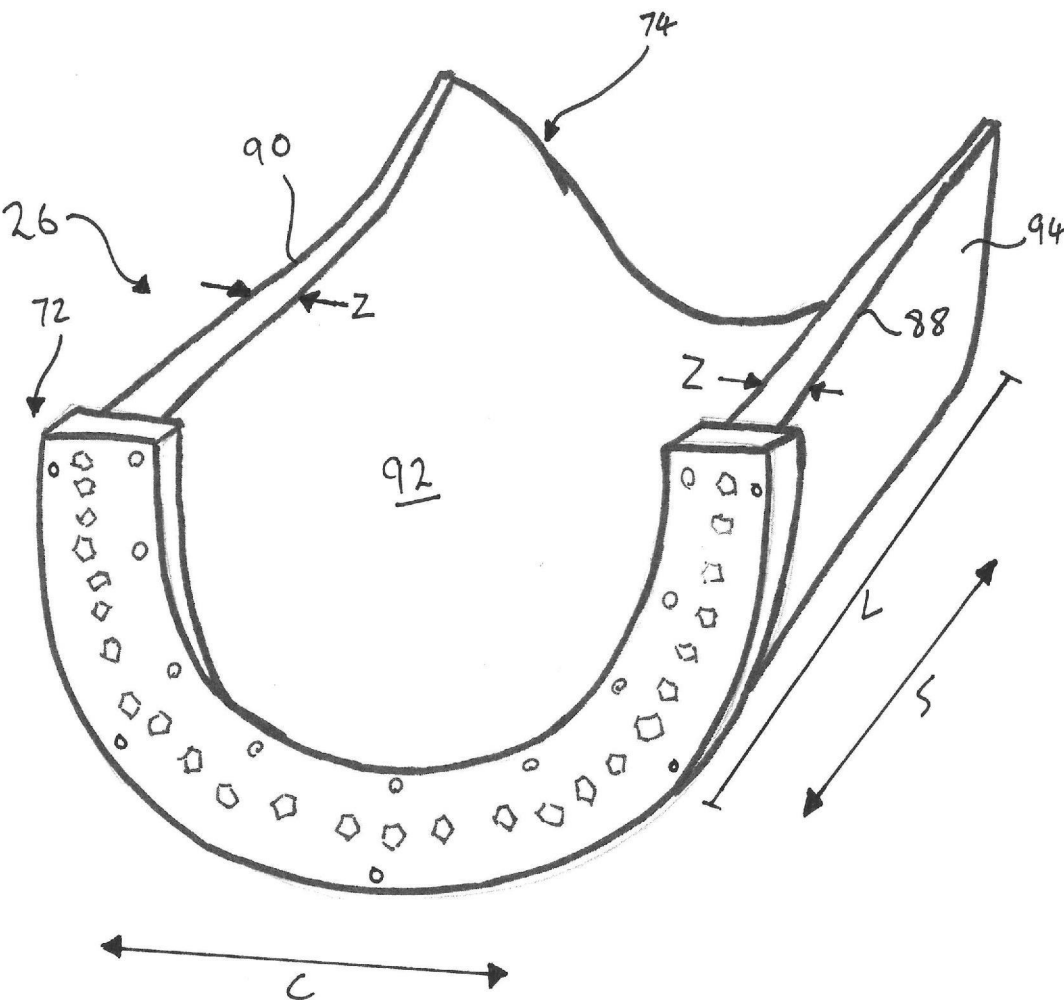
【圖6】



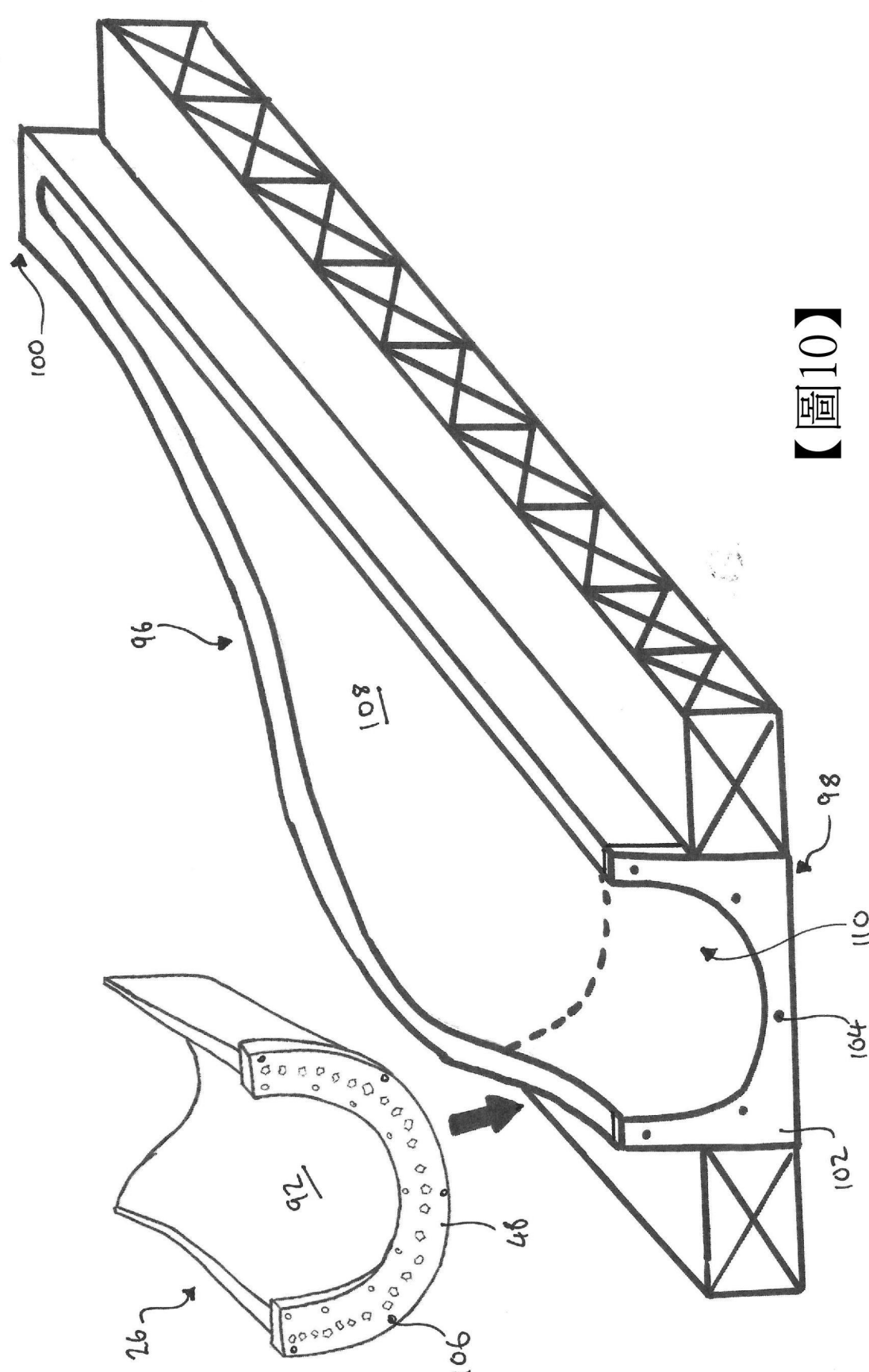
【圖7】



【圖8】



【圖9】



【圖10】